

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 732 467

(21) N° d'enregistrement national : 96 01504

(51) Int Cl⁶ : G 01 P 15/08, 9/04

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 07.02.96.

(30) Priorité : 10.02.95 DE 9504151; 22.08.95 DE 9530736.

(71) Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH
GESELLSCHAFT MIT BESCHRANKER HAFTUNG — DE.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 04.10.96 Bulletin 96/40.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : MUENZEL HORST, SCHUBERT DIETRICH, BOHRINGER ALEXANDRA, OFFENBERG MICHAEL, HEYERS KLAUS et LUTZ MARKUS.

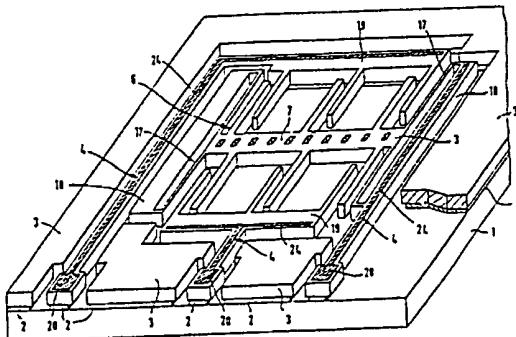
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : CABINET HERRBURGER.

(54) CAPTEUR D'ACCELERATION ET PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL CAPTEUR.

(57) a) Capteur d'accélération et procédé de fabrication d'un tel capteur.

b) Capteur caractérisé en ce qu'on structure des chemins conducteurs (4) dans la troisième couche (3), qui sont reliés aux points de branchement (20), et les chemins conducteurs (4) sont isolés électriquement par rapport à la première couche (1) par la seconde couche (2) et par des cavités par rapport à la troisième couche (3).



FR 2 732 467 - A1



« Capteur d'accélération et procédé de fabrication d'un tel capteur »

ETAT DE LA TECHNIQUE :

L'invention concerne un capteur d'accélération à trois couches, parmi lesquelles une première couche est une plaque de support recevant une seconde couche isolante sur laquelle est appliquée une troisième couche dans laquelle on dégage en la structurant, une masse susceptible d'être déviée, qui se déplace sous l'effet d'une force ou d'une accélération.

Dans la demande non publiée préalablement DE-44 19 844, il est décrit un capteur d'accélération composé de trois couches. La première couche sert de plaque de support recevant une seconde couche isolante. La seconde couche isolante reçoit une troisième couche dans laquelle on dégage en le structurant, l'élément mobile du capteur d'accélération. Les lignes d'alimentation électriques sont prévues sur la face supérieure de la troisième couche. La partie mobile est isolée par des sillons d'isolation vis-à-vis des autres zones de la troisième couche. Le capteur d'accélération est dégagé du silicium.

AVANTAGES DE L'INVENTION :

Le capteur d'accélération du type défini ci-dessus est caractérisé en ce qu'on structure des chemins conducteurs dans la troisième couche, qui sont reliés aux points de branchement, et les chemins conducteurs sont iso-

lés électriquement par rapport à la première couche par la seconde couche et par des cavités par rapport à la troisième couche.

5 Ce capteur d'accélération offre l'avantage d'être réalisé en même temps que les conducteurs d'alimentation électriques à l'aide d'un système à trois couches.

10 Le procédé de fabrication est particulièrement simple et le capteur d'accélération se réalise ainsi de manière peu coûteuse. Pour réaliser le capteur d'accélération, il suffit d'un procédé réduit au minimum avec seulement deux étapes de masquage.

15 Suivant d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention, une première couche de structure est appliquée sur la troisième couche, la première couche de structure étant mise en structure sous la forme de capteur d'accélération et de chemins conducteurs, et dans la troisième couche, on dégage par structure le capteur d'accélération et les chemins conducteurs, puis on enlève la seconde couche sous une masse du capteur d'accélération susceptible de se 20 déplacer, puis on enlève la première couche de structure.

25 Ce procédé offre l'avantage de permettre la réalisation d'un capteur d'accélération à l'aide d'un nombre réduit de masques et ainsi d'un nombre réduit d'étapes de procédé. Le procédé est simple et peu coûteux.

30 Selon d'autres caractéristiques avantageuses, il est particulièrement intéressant que le capteur d'accélération soit dégagé de la structure d'un système à couches silicium sur isolant. De cette manière, on utilise pleinement les avantages de systèmes à couches silicium sur isolant ((Système SOI) pour la réalisation du capteur d'accélération.

35 Selon un développement avantageux du capteur d'accélération, l'élément mobile est une structure en forme de peigne qui se déplace parallèlement à la surface supérieure de la troisième couche. Cela permet de détecter une

force agissant parallèlement à la surface supérieure de la troisième couche.

Un développement avantageux du capteur d'accélération consiste à utiliser une structure en forme de peigne ayant un élément mobile avec des premières plaques et des seconds éléments fixes avec des secondes plaques. Les premières et secondes plaques sont disposées pour que lors d'un déplacement de l'élément mobile, une partie des premières plaques s'éloigne des secondes plaques et une seconde partie des premières plaques se rapproche des secondes plaques. Les premières et secondes plaques forment des condensateurs ; lors du déplacement de l'élément mobile, la distance des plaques change, ce qui modifie la capacité des condensateurs. De cette manière, on crée différents signaux de mesure qui sont exploités et permettent ainsi avec une grande précision, d'obtenir la déviation de l'élément mobile et de détecter de la sorte la force ou l'accélération appliquées.

La conductivité des chemins conducteurs est améliorée avantageusement par l'application de couches conductrices sous la forme de patins de liaison ou de conduites d'alimentation sur les chemins conducteurs.

Une application préférentielle du capteur d'accélération consiste à construire le capteur d'accélération à partir d'un système oscillant d'un capteur de vitesse de rotation en réalisant ainsi un capteur de vitesse de rotation caractérisé en ce qu'on applique une troisième couche de recouvrement sur la troisième couche conductrice, la troisième couche de recouvrement est structurée sous la forme d'un système oscillant d'un capteur de vitesse de rotation et sous la forme d'une structure en peigne d'un capteur d'accélération et sous la forme de chemins conducteurs, et sur la troisième couche de recouvrement, mise en structure, on applique une quatrième couche de recouvrement structurée en forme de structure oscillante de

capteur de vitesse de rotation, puis on dégage par mise en structure dans la troisième couche et dans la seconde couche, la structure oscillante, puis on enlève la quatrième couche de recouvrement à partir de la troisième couche, on 5 dégage par structure le capteur d'accélération et les chemins conducteurs, et on enlève la seconde couche sous une masse susceptible de dévier du capteur d'accélération et dans la seconde couche on dégage la structure des chemins conducteurs et dans la troisième couche, on dégage la 10 structure oscillante du capteur de vitesse de rotation, puis on enlève la troisième couche de recouvrement.

Cela simplifie la fabrication du capteur de vitesse de rotation, puisque le système oscillant et le capteur d'accélération sont dégagés en structurant un système 15 à trois couches.

Un développement avantageux du capteur d'accélération construisant un capteur de vitesse de rotation consiste à conduire les chemins conducteurs jusqu'au châssis du capteur de vitesse de rotation, dans lequel le système 20 oscillant est accroché de manière à pouvoir dévier.

Un développement avantageux du procédé de l'invention est caractérisé en ce qu'on dégage en structurant tout d'abord la structure des chemins conducteurs ou des chemins conducteurs et des suspensions, puis l'élément mobile 25 du capteur d'accélération, en particulier une structure en forme de peigne dans la troisième couche. On évite ainsi d'avoir à appliquer une couche de recouvrement sur la structure en forme de peigne, couche qui ne serait éliminée ultérieurement que de manière difficile.

On améliore le procédé décrit en appliquant une 30 couche de passivation sur la première couche. Il est en outre avantageux de dégager la couche de passivation dans la zone du système oscillant et de corroder la première couche pour réduire son épaisseur jusqu'à une épaisseur prédéterminée.

Dessins :

Des exemples de réalisation de l'invention sont représentés dans les dessins et seront décrits ci-après de manière plus détaillée. Ainsi :

- 5 - la figure 1 montre un capteur d'accélération,
- la figure 2 montre un capteur de vitesse de rotation,
- la figure 3 montre un premier procédé de fabrication d'un capteur,
- la figure 4 montre un second procédé de fabrication d'un capteur d'accélération ou de vitesse de rotation,
- 10 - les figures 5 et 6 montrent d'autres procédés de fabrication de capteurs de vitesse de rotation.

Description des exemples de réalisation :

La figure 1 montre un capteur d'accélération 6 composé d'un système à trois couches. Cet exemple de réalisation utilise un système de couches silicium sur isolant (SSI ou SOI). On peut toutefois envisager également d'autres systèmes à trois couches dont la couche supérieure peut recevoir une structure, de même que la couche intermédiaire qui peut être corrodée latéralement et isolée.

Comme plaque de support, on utilise une première couche 1 en silicium. Sur cette première couche 1, on forme la seconde couche 2 en oxyde de silicium. La troisième couche est également en silicium. Au milieu de la troisième couche 3, on a dégagé une masse 7 susceptible de dévier ; cette masse se compose d'un support allongé présentant le long de ses deux grands côtés chaque fois trois plaques. Les plaques sont perpendiculaires à la direction longitudinale du support. La masse 7 mobile est reliée de manière à pouvoir être déviée dans la direction longitudinale du support chaque fois par une branche 17 susceptible de fléchir et qui assure la liaison avec un support 18. Les supports 18 sont reliés solidairement par la seconde couche 2 à la première couche 1. Sous la masse mobile 7 et des branches flexibles 17, on a enlevé la seconde couche 2. Cela se fait

pour SiO₂ à l'aide d'un procédé de corrosion.. Cette réalisation de la masse susceptible de dévier correspond au document DE 44 19 844.

Parallèlement au support de la masse mobile 7, il
5 est prévu chaque fois une poutre de retenue 19 longitudinale, dégagée de la troisième couche 3 ; cette poutre comprend trois plaques perpendiculaires à la direction du support de la masse mobile 7. Les poutres de retenue 19 sont reliées à la première couche 1, solidairement par
10 l'intermédiaire de la seconde couche 2. Les plaques d'une poutre de retenue 19 sont chaque fois prévues sur le côté droit des plaques de la masse mobile 7. Les plaques de l'autre poutre de retenue 19 sont prévues chaque fois sur le côté gauche des plaques de la masse mobile 7. Si dans
15 ces conditions, la masse mobile 7 est déplacée, l'intervalle entre les plaques diminue par rapport aux plaques situées d'un côté de la masse mobile 7 et augmente par rapport aux plaques situées de l'autre côté de la masse mobile 7 pour la seconde poutre de retenue. Un chemin conducteur 4 de chacune des deux poutres de retenue 19 est relié
20 à un bord commun du capteur d'accélération. Les chemins conducteurs 4 sont dégagés de la troisième couche 3 et sont isolés électriquement par rapport à la première couche 1 par l'intermédiaire de la seconde couche 2. Les chemins conducteurs 4 sont isolés électriquement par des cavités vis-à-vis d'autres zones de la troisième couche 3. De même,
25 il y a un chemin conducteur 4 allant de la masse mobile 7 à un bord du capteur d'accélération ; ce chemin conducteur dégagé de la troisième couche 3 est isolé électriquement par rapport à la première couche 1 grâce à la seconde couche 2 ; ce chemin conducteur est isolé par des cavités 10 vis-à-vis d'autres zones de la troisième couche 3. En réalisant les cavités 10 et en utilisant la seconde couche 2 comme couche isolante, on peut réaliser dans la troisième

couche 3 des chemins conducteurs 4 servant au branchement du capteur d'accélération.

On améliore encore la conductibilité des chemins conducteurs 4 en appliquant une couche conductrice 24 sur 5 les chemins conducteurs 4. Comme couche conductrice, on utilise par exemple un métal tel que l'aluminium. Comme lors du mouvement de la masse mobile 7, les intervalles entre les plaques de la masse mobile 7 et les plaques d'une poutre de retenue diminuent alors qu'ils augmentent par 10 rapport aux plaques de l'autre poutre, on obtient deux signaux de mesure. Les deux signaux de mesure sont exploités, en utilisant la variation des capacités entre les plaques de la masse mobile 7 et les plaques des poutres de retenue 19, pour calculer le déplacement de la masse mobile 7 et 15 ainsi la force qui lui est appliquée. Les chemins conducteurs 4 sont reliés à des points de branchement 20. Les signaux de mesure du capteur d'accélération sont pris aux points de branchement 20.

Le document DE-44 19 844 décrit un capteur d'accélération dont chaque plaque mobile est placée entre deux plaques fixes. De tels capteurs ne peuvent être envisagés que si des intersections de chemins conducteurs sont possibles. Or de telles intersections de chemins conducteurs nécessitent des travaux importants pour la réalisation des 20 capteurs. Dans le cas du capteur selon l'invention, aucune intersection de chemins conducteurs n'est nécessaire, car chaque plaque mobile accrochée à la masse mobile 7 n'est associée qu'à une plaque fixe. L'isolation des différentes zones les unes par rapport aux autres se fait uniquement en 25 corrodant des gorges dans la couche supérieure 3. L'isolation par rapport à la couche inférieure 1 est assurée par la couche intermédiaire diélectrique 2. De tels capteurs se réalisent d'une manière particulièrement simple.

La figure 2 montre un capteur de vitesse de rotation muni d'un cadre 8 dans lequel une masse oscillante 5

est montée oscillante par l'intermédiaire de branches 9. La masse oscillante 5 est excitée en oscillation linéaire par un moyen d'entraînement 21. Comme moyen d'entraînement, on utilise par exemple des moteurs électriques magnétiques ou 5 piézo-électriques. Des moyens d'entraînement appropriés sont par exemple connus selon le document EP-539 393. La masse oscillante 5 est équipée d'un capteur d'accélération 6 conforme à celui de la figure 1. Ce capteur d'accélération 6 est situé dans la direction de contrôle perpendicu-10 lairement à la direction d'oscillation de la masse oscillante 5. Les chemins conducteurs 4 partant des poutres de retenue et de la masse mobile 7 sont reliés au cadre 8 par l'intermédiaire des branches 9. Le capteur est réalisé comme le capteur d'accélération, avec une première, une se-15conde et une troisième couches. Les chemins conducteurs 4 sont dégagés de la troisième couche 3. Les chemins conducteurs 4 sont isolés électriquement dans le cadre 8 par les cavités 10 de la troisième couche 3 du cadre 8. De plus, les chemins conducteurs 4 sont isolés électriquement par la 20 seconde couche 2 du cadre 8 par rapport à la première couche 1 de ce même cadre 8. Le capteur d'accélération n'est représenté ici que schématiquement puisqu'il a déjà été expliqué dans la vue en perspective de la figure 1.

Les branches 9 sont dégagées de la couche supérieure 3 ainsi que de la couche inférieure 1. Cela sera expliqué à l'aide des figures 3 et 4 suivantes. Les chemins conducteurs 4 du cadre 8 rejoignent directement les branches 9, qui assurent le branchement électrique du capteur d'accélération équipant la masse oscillante 5. La masse oscillante 5 comporte dans des zones dans lesquelles débouchent les branches 9, également des gorges d'isolation 10 dans la couche supérieure 3, assurant ainsi également une isolation électrique pour les signaux transmis par les branches 9 avec la masse oscillante 5.

Cela permet de réaliser un capteur de vitesse de rotation sans avoir à prévoir des branchements électriques compliqués du capteur d'accélération. Comme des chemins conducteurs 4 sortent de manière isolée électriquement jusqu'à dans le cadre 8, on peut avoir un contact électrique simple des chemins conducteurs 4 dans le cadre 8. Un autre avantage est que le capteur de vitesse de rotation est dégagé au cours d'un seul procédé avec le capteur d'accélération dans un système à trois couches de préférence un système à couches silicium sur isolant.

La figure 3 montre les étapes de fabrication d'un capteur d'accélération ou d'un capteur de vitesse de rotation. La figure 3.1 montre un système à trois couches composé d'une première couche 1 portant une seconde couche 2. 15 La seconde couche 2 porte elle-même une troisième couche 3. La première couche 1 est en silicium ; la seconde couche 2 est en oxyde de silicium et la troisième 3 est de nouveau en silicium. On peut toutefois utiliser également d'autres systèmes à trois couches que l'on dégage sélectivement 20 comme SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , polyimide, téflon et carbure de silicium. Comme matière première, on utilise par exemple une plaquette de silicium sur isolant (SSI ou SOI) ; la troisième couche 3 est alors du silicium à dopage p++ ou n++ et possède une épaisseur d'environ 15×10^{-6} m. La seconde couche 2 est un oxyde de silicium ; elle présente une épaisseur de l'ordre de 10^{-6} m. La première couche 1 est une 25 plaquette de silicium. De même, on peut également utiliser une plaquette d'épi-Poly- dont la fabrication et l'utilisation pour les capteurs sont déjà décrites dans le document DE-43 18 466. Pour la troisième étape 3, on utilise une couche de silicium à fort dopage p ou n, sur une couche d'oxyde de silicium d'une épaisseur de quelques microns constituant la seconde couche 2. La couche d'épi-polysilicium a une épaisseur de l'ordre de 12×10^{-6} m.

Sur la face arrière de la plaque SOI ou de la plaquette d'épi-Poly c'est-à-dire sur la première couche 1, on applique une première couche de revêtement 11 sous la forme d'oxyde de silicium et une seconde couche de revêtement 12 sous la forme d'un nitrure au plasma. Puis, on dépose sur la troisième couche 3 au niveau des chemins conducteurs, de l'aluminium en procédant par dépôt à la vapeur ou par pulvérisation. L'aluminium ainsi appliqué est mis en forme par un procédé de photolithographie et en corrodant, pour obtenir les chemins conducteurs 4 dans la couche conductrice 24.

Puis, on applique un photorésist sur la seconde couche de revêtement 12 que l'on enlève dans une zone pré-déterminée et dans laquelle on réalise la masse oscillante 5. Puis, on corrode la seconde et la première couche de revêtement 12, 11 dans la zone de la masse oscillante. Cela est représenté à la figure 3.2.

Puis, on applique un photorésist 30 sur la troisième couche 3 et on lui donne une structure correspondant à celle du peigne d'un capteur d'accélération. A la suite de cela, on corrode la structure de peigne du capteur d'accélération dans la troisième couche 3. On utilise un procédé d'attaque du silicium anisotrope décrit dans le document DE-42 41 045. On crée de cette manière des structures de peigne qui présentent un rapport d'aspect important. Puis, on corrode la première couche 1 par le procédé de corrosion avec KOH à l'épaisseur résiduelle d'environ 100×10^{-6} m. Cela est représenté à la figure 3.3.

On corrode alors la seconde couche 2 formée d'oxyde de silicium et sous la structure peigne 13 du capteur d'accélération comme oxyde sacrifié. On obtient ainsi une structure de peigne 13 fixée de manière mobile sur la seconde couche 2. Cette structure de peigne représente le capteur d'accélération de la figure 1.

A la figure 3, la structure proprement dite du capteur d'accélération est simplement indiquée pour faciliter la lisibilité du dessin. Pour la suite du traitement, on enlève la seconde couche 2 sous la structure de peigne 5 13. On crée ainsi des structures mobiles convenant pour le capteur d'accélération. Du fait des dimensions latérales importantes, on n'enlève pas la seconde couche 2 de dessous des autres zones de la couche supérieure 3. Au cours d'une autre étape, on enlève alors le photorésist 30 et on applique 10 une nouvelle couche de photorésist 30 et on donne la structure. Cette structure dans la nouvelle couche de photorésist est utilisée pour corriger des sillons traversant à la fois la couche supérieure 3, la seconde couche 2 et la première couche 1. Ces sillons ou gorges corrodés peuvent 15 servir pour dégager les branches 9 et la masse oscillante 5 dans le substrat à plusieurs couches. Cette opération apparaît à la figure 3.4. Les sillons 10 ainsi réalisés définissent les dimensions de la masse oscillante 5. Les structures en peigne 13 du capteur d'accélération sont réalisées 20 sur la masse oscillante 5. Il apparaît en outre une branche 9 dont les dimensions géométriques sont également définies par les sillons 10. Pour corroder les sillons 10, on applique un procédé en plusieurs étapes. On donne tout d'abord une structure par exemple dans un plasma fluoré 25 pour la couche supérieure 3. Au cours d'une autre étape d'attaque chimique, par exemple dans un plasma contenant du chlore, on structure la seconde couche 2. Au cours d'une autre étape de corrosion, on traite par exemple de nouveau avec un fluorure au plasma pour structurer la première couche 1. Puis, on enlève le photorésist servant de masque de 30 corrosion pour le procédé.

A la figure 3.4, on a une vue simplifiée qui n'est pas une coupe transversale d'un capteur réel de vitesse de rotation. Comme tous les éléments d'un capteur de vitesse de rotation sont représentés comme à la figure 2,

mais comme la branche 9, un élément oscillant 5, des structures de peigne pour un capteur d'accélération 13, il est clair que la succession représentée des étapes du procédé permette de réaliser des capteurs de vitesse de rotation 5 selon la figure 2. Dans la zone du bord, on a représenté des chemins conducteurs 4 qui ne sont dégagés que de la couche supérieure de silicium 3. Celle-ci peut par exemple être réalisée dans la même étape du procédé que les structures de peigne 13. Il suffit toutefois de garantir par des 10 dimensions latérales importantes des chemins conducteurs 4, qu'il n'y a pas de corrosion en contre-dépouille dans la seconde couche 2 sous les chemins conducteurs 4. En variante, il est également possible après avoir réalisé les structures de peigne 13, d'appliquer une autre couche de 15 photorésist et de structurer pour l'utiliser exclusivement pour former les structures de chemins conducteurs 4. Cela augmente toutefois les moyens mis en oeuvre pour la réalisation des capteurs. La corrosion de la face arrière de la couche 1 décrite à la figure 3.3 sert à obtenir au niveau 20 de l'oscillateur 5 ou des branches 9, un amincissement de la couche de silicium 1, inférieure. Ce moyen diminue le temps de corrosion nécessaire pour corroder complètement les sillons 10 à travers la couche 1.

La figure 3.5 est une coupe transversale A-A du 25 châssis 8 au niveau des branchements 20. L'isolation électrique des branchements 20 par les cavités 10 de la troisième couche 3 du cadre 8 y apparaît clairement.

Une variante de fabrication d'un capteur d'accélération sera décrite à l'aide de la figure 3.6. Pour cela, 30 on supprime les étapes de mise en structure de la couche 1.

Partant de la construction selon la figure 3.2, comme déjà décrit à propos de la figure 3.3, on applique une couche de photorésist 30 sur la surface et on réalise la structure avec un masque photographique. Puis, on procède à une étape de corrosion par exemple par un procédé de 35

corrosion par du plasma de fluor, pour réaliser les gorges 10 dans la couche supérieure de silicium 3. Ces gorges arrivent jusque dans la deuxième couche 2. Au cours de l'étape de corrosion suivante, on enlève la seconde couche 5 2 qui est de l'oxyde de silicium. Cela peut se faire par exemple dans une solution aqueuse d'acide fluorhydrique ou dans un gaz contenant de l'acide fluorhydrique. Par cette étape de corrosion, on enlève complètement la seconde couche sous les fines structures de sillons corrodées pour la 10 structure en peigne 13. Ces structures pour les chemins conducteurs 4 qui ont une extension latérale relativement importante, restent néanmoins reliées mécaniquement solidement par la couche 2 à la première couche 1. En effet au cours de cette étape de corrosion, le photomasque 30 peut 15 rester à la surface, si bien que par exemple les structures métallisées 24 sont protégées contre l'attaque du fluide de corrosion, ce qui permet de les réaliser en aluminium. Ce procédé de fabrication de capteurs d'accélération se distingue surtout par le nombre réduit d'étapes de procédé. 20 Cela permet de réaliser des capteurs d'accélération très peu coûteux.

La figure 4 montre un autre procédé de réalisation d'un capteur d'accélération ou d'un capteur de vitesse de rotation. On utilise un système à trois couches composé 25 d'une première couche 1, d'une seconde couche 2 et d'une troisième couche 3. La première couche 1 est en silicium ; la seconde couche 2 est en oxyde de silicium et la troisième couche 3 en un silicium fortement dopé en p ou en n. Le système à trois couches ainsi décrit représente une 30 structure silicium sur isolant. Sur la troisième couche 3, on applique de préférence des chemins conducteurs métallisés 24 dans les zones des chemins conducteurs 4. Cela se fait par pulvérisation ou par dépôt à la vapeur suivi d'une mise en structure. Puis, on applique sur les chemins conducteurs métalliques 24 et la troisième couche 3, une troi- 35

sième couche de revêtement 14 en oxyde de silicium. Sur la première couche 1, on applique une première couche de recouvrement 11 et une seconde couche de revêtement 12. La première couche de recouvrement 11 est en oxyde de silicium 5 et la seconde couche de revêtement 12 en nitrure au plasma. Puis, on met en forme la troisième couche de recouvrement 14 selon la structure de peigne 13 du capteur d'accélération, on donne la forme aux chemins conducteurs 4 et aux branches 9. Sur la troisième couche de recouvrement 14 ainsi structurée, on applique une quatrième couche 16 sous la forme d'un photorésist. La quatrième couche de recouvrement 16 est enlevée sous la forme des branches 9. Cela est représenté à la figure 4.3. Puis, on enlève par corrosion la première couche 1 dans le cadre 8 sur une épaisseur préterminée de 100×10^{-6} m et on recouvre par une couche de passivation 17. Cela est représenté à la figure 4.4. Puis, on réalise les gorges par une opération de corrosion. Comme pour ces gorges, on utilise comme masque de corrosion la quatrième couche de recouvrement 16, structurée, on ne réalise tout d'abord par corrosion que la forme géométrique des branches 9. Ces gorges sont corrodées jusqu'à ce que les couches 3 et 2 soient traversées complètement et qu'une partie de la couche 1 soit également attaquée.

L'attaque se poursuit dans la couche 1 jusqu'à ce 25 que l'épaisseur résiduelle corresponde sensiblement à l'épaisseur de la couche 3. Cela est représenté à la figure 4.5.

Puis, on enlève la quatrième couche de recouvrement 16 et on poursuit le procédé de corrosion. La troisième couche de revêtement 14, structurée, constitue alors 30 le masque de corrosion ; ce masque contient les structures des branches 9, celles du peigne 13 et des chemins conducteurs 4. On utilise pour cela un procédé de corrosion qui n'attaque que les matières à base de silicium des couches 3 et 1, mais pas la couche 2 ou la couche 17. Cette attaque 35

est poursuivie jusqu'à ce que les gorges des branches 9, la couche de passivation 17 et les gorges des structures en peigne 13 ou les chemins conducteurs 4 atteignent la seconde couche 2. Puis, on enlève par corrosion la seconde couche 2 sous la structure en forme de peigne 13. Pour cela simultanément, on enlève les branches 9 de la seconde couche 2. Toutefois, les branches 9 sont suffisamment larges pour qu'elles soient fermement reliées par une seconde couche 2 à la première couche 1. Puis, on enlève par corrosion la couche de passivation 23. On obtient ainsi un capteur de vitesse de rotation correspondant à celui de la figure 2. Cela est représenté schématiquement à la figure 4.7. Si avec le procédé ainsi décrit, on veut réaliser un capteur d'accélération, il n'y a pas lieu de dégager la structure des branches 9 et l'ensemble du traitement appliqué à la première couche 1. Pour le reste, on procède comme dans le procédé décrit à propos de la figure 4.

La figure 5 montre un autre procédé de fabrication d'un capteur de vitesse de rotation. Ce procédé utilise un support de silicium 1 sur lequel on applique une couche 2 susceptible d'être corrodée par exemple en oxyde de silicium. En variante, on peut appliquer sur la couche 2 également une couche de démarrage de polysilicium 40. On structure la seconde couche 2 et le cas échéant la couche de démarrage en polysilicium 40 appliquée sur celle-ci. Par dépôt, on forme alors une autre couche de silicium 3. Cette autre couche de silicium 3 peut être réalisée comme cela est décrit dans le document DE-43 18 466 dans un réacteur à épitaxie. Dans les zones dans lesquelles la couche 3 est appliquée directement sur le support de silicium 1, la couche de silicium 3 se développe comme une couche de silicium monocristallin. Dans les autres zones, la couche de démarrage de polysilicium 40 fonctionne comme couche de démarrage pour la croissance d'une couche de silicium polycristallin. La structure de la couche ainsi réalisée

apparaît à la figure 5.2. En appliquant des masques de corrosion et en procédant à des étapes de corrosion, on réalise alors les structures de sillons dans la couche supérieure de silicium 3 et dans la couche de démarrage de 5 polysilicium, ces structures de gorges atteignant jusqu'à la seconde couche 2. Celles-ci forment de nouveau des structures en peigne 13 pour un capteur d'accélération. De plus, partant de la face arrière, on corrode une cavité pour diminuer l'épaisseur de la première couche de silicium 10 1. La structure ainsi obtenue apparaît à la figure 5.3.

La figure 5.4 montre comment réaliser les structures de gorges 10 traversant la couche supérieure 3, la couche de polysilicium 40, la seconde couche 2 et la première couche 1. On obtient ainsi un oscillateur 5 et une 15 branche 9. Pour ce procédé de corrosion, on applique un procédé qui n'attaque pratiquement que le silicium. On peut ainsi attaquer la couche supérieure 3 et la couche inférieure 1. Comme le masquage pour ces structures de gorges 10 est choisi pour se situer au-dessus des structures déjà 20 faites de la seconde couche 2, un tel procédé de corrosion permet d'attaquer complètement l'ensemble du support. A ce moment, seules les dimensions de la couche supérieure 3 sont contrôlées par le masque de corrosion. Les dimensions géométriques de la couche inférieure 1 sont définies par 25 les structures déjà réalisées dans la couche 2. Cela provient du fait que la couche structurée 2 sert de masque de corrosion pour attaquer la couche 1 sous-jacente. Cela peut également servir à compenser des défauts d'alignement des masques de corrosion par rapport aux structures de la couche 2. A cet effet, on choisit des dimensions géométriques 30 légèrement plus grandes pour le masque de corrosion des gorges 10 que celles des structures de la couche 2.

L'important dans ce procédé est que la précision de la mise en structure de la première couche 1 dépend

principalement de la précision de la mise en structure de la couche 2 comme cela apparaît à la figure 5.1.

Cette mise en structure de la couche 2 apparaissant à la figure 5.1 peut être faite avec une précision 5 particulièrement élevée, de sorte que les dimensions géométriques de l'élément oscillant 5 ou de la branche 9 peuvent être très précises dans la mesure où cela concerne la première couche 1. Comme l'épaisseur de la couche supérieure 3 est de l'ordre de grandeur de 10×10^{-6} m et celle de la 10 couche inférieure 1 est de l'ordre de grandeur de 50×10^{-6} m, les dimensions géométriques principales de l'oscillateur 5 et des branches 9 s'obtiennent avec une précision particulièrement élevée. Il est en outre avantageux de pouvoir exécuter par la mise en structure préalable de la couche 2, le procédé de corrosion des gorges 10 au cours d'une 15 seule étape de procédé. Cela simplifie ainsi la fabrication des structures.

La corrosion évoquée dans la description des figures 5.3 et 5.4 se fait soit en utilisant plusieurs masques de photorésist comme cela a déjà été décrit à propos de la figure 3, soit en utilisant plusieurs masques superposés comme cela a déjà été décrit à propos de la figure 4.

Pour la figure 5.1, il a été indiqué que la couche de démarrage de polysilicium 40, qui venait d'être déposée 25 avait été mise en structure. Dans ce cas, la couche supérieure de silicium 3 comporte des zones de silicium monocristallin. En variante, il est également possible d'appliquer d'abord la couche de démarrage de polysilicium 40 après avoir structuré la seconde couche 2. Dans ce cas, la 30 couche de silicium 3, supérieure se développe complètement comme couche de silicium polycristallin.

Partant de l'état de traitement représenté à la figure 5.4, on procède alors à une corrosion de la seconde couche 2 pour corroder en dessous les structures en forme 35 de peigne 13.

La figure 6 montre un autre procédé de fabrication d'un capteur de vitesse de rotation. Ce procédé a pour point de départ un substrat tel que celui représenté à la figure 5.2. Puis, on applique un masque de corrosion 41 ; 5 ce masque peut par exemple être en oxyde de silicium. On peut toutefois envisager également d'autres masques de corrosion par exemple un photorésist. Le masque de corrosion 41 comporte des structures 42, qui arrivent complètement jusqu'à la couche de silicium 3. En outre, il y a des 10 sillons 43 qui n'atteignent pas complètement la couche 3. Les structures 42 sont prévues aux endroits où doit se faire une corrosion complète à travers le substrat jusqu'à sa face arrière. Les structures 43 sont prévues à l'endroit où l'on ne veut avoir qu'une corrosion de la couche de si- 15 licium 3 supérieure. Par corrosion du substrat selon la figure 6.1, on crée le capteur de vitesse de rotation comme représenté à la figure 5.4. La figure 6.2 correspond à une étape intermédiaire de ce procédé de corrosion. On utilise un procédé de corrosion qui produit également un enlèvement 20 de la couche de masquage 41. En variante, il est également possible d'appliquer des étapes de corrosion intermédiaires par lesquelles on enlève la couche de masquage 41. Comme certaines zones de la surface supérieure de silicium sont dégagées dès le départ, ces zones sont corrodées plus rapi- 25 dement que celles qui ont été dégagées seulement au cours du procédé de corrosion. Cela est représenté à la figure 6.2. Les sillons 10 qui correspondent aux structures 42 du masque de corrosion sont dans cette étape intermédiaire de corrosion, déjà dégagés complètement à travers la surface 30 supérieure de silicium 3 et ont pénétré d'une certaine distance dans la première couche de silicium 1. Les structures en forme de peignes 13 qui correspondent aux structures 43 du masque de corrosion 41 ne pénètrent toutefois que légèrement dans la couche de silicium 3 supérieure. En poursui-

vant le procédé de corrosion, on obtient alors la structure apparaissant à la figure 5.4.

La réalisation de la couche de masquage de corrosion 41 peut se faire par exemple par un procédé de fabrication à deux niveaux d'une couche de masquage de corrosion dans l'oxyde de silicium. Pour cela, on dépose tout d'abord une couche de silicium sur toute la surface. En traitant avec un premier masque de photorésist, on corrode alors les structures 43. Puis, on applique un second masque de photorésist et on corrode les structures 42. Après enlèvement des masques de photorésist, on obtient la couche de corrosion à deux niveaux représentée à la figure 6.1.

L'avantage de ce procédé est qu'après avoir réalisé le masque de corrosion 41, il n'est plus nécessaire de réaliser aucun autre procédé de photorésist sur la face supérieure. Comme de tels procédés de photorésist sont toujours liés à un certain risque pour les structures réalisées, cela améliore la sécurité de mise en oeuvre du procédé.

R E V E N D I C A T I O N S

1°) Capteur d'accélération (6) à trois couches (1, 2, 3), parmi lesquelles une première couche (1) est une plaque de support recevant une seconde couche isolante (2) sur laquelle est appliquée une troisième couche (3) dans laquelle on dégage en la structurant, une masse (7) susceptible d'être déviée, qui se déplace sous l'effet d'une force ou d'une accélération, caractérisé en ce qu'on structure des chemins conducteurs (4) dans la troisième couche (3), qui sont reliés aux points de branchement (20), et les chemins conducteurs (4) sont isolés électriquement par rapport à la première couche (1) par la seconde couche (2) et par des cavités (10) par rapport à la troisième couche (3).

2°) Capteur d'accélération selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première, la seconde et la troisième couche (1, 2, 3) sont constituées par une structure stratifiée de silicium sur un isolant.

3°) Capteur d'accélération selon les revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la masse (7) susceptible de se déplacer est une structure en forme de peigne (13) qui peut être dévier parallèlement à la surface supérieure de la troisième couche (3).

4°) Capteur d'accélération selon la revendication 3, caractérisé en ce que la structure en forme de peigne (13) est réalisée dans un premier support longitudinal, avec perpendiculairement à la direction du support, des premières plaques perpendiculaires à la direction d'alignement du support et un second support (19) sur chaque face du premier support, ces seconds supports (19) étant alignés parallèlement au premier support, les seconds supports (19) ayant des plaques perpendiculaires aux seconds supports (19) et alignées dans la direction du premier support, les secondes plaques étant parallèles aux premières plaques, les secondes plaques d'un second support et les secondes plaques d'un autre second support étant disposées par rap-

port aux premières plaques de façon que lors du déplacement de la masse (7) mobile, les intervalles entre les premières plaques et les secondes plaques d'un second support (19) augmentent pendant que les intervalles entre les premières 5 plaques et les secondes plaques de l'autre second support (19) diminuent, les deux seconds supports (19) étant reliés séparément par une ligne de transmission de signaux, la masse susceptible de dévier étant également reliée à une ligne de transmission de signaux et deux signaux de mesure 10 pouvant s'obtenir par une mesure capacitive.

5°) Capteur d'accélération selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que des couches conductrices (24) sont prévues sur les chemins conducteurs (4).

15 6°) Capteur d'accélération selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le capteur d'accélération (6) est construit sur la base du système oscillant (5) d'un capteur de vitesse de rotation.

7°) Capteur d'accélération selon la revendication 20 6, caractérisé en ce que le capteur de vitesse de rotation est construit à partir d'une première, d'une seconde et d'une troisième couche (1, 2, 3) et les chemins conducteurs (4) de la troisième couche (3) arrivent jusqu'à un châssis (8) du capteur de vitesse de rotation, les chemins conducteurs (4) étant isolés électriquement par rapport à la première couche (1) par la seconde couche (3) et par rapport à 25 la troisième couche (3) par des cavités (10).

8°) Procédé de réalisation d'un capteur d'accélération comportant une première couche (1) sur laquelle est 30 réalisée une seconde couche isolante (2), une troisième couche (3) étant sur la seconde couche (2), caractérisé en ce qu'une première couche de structure (14, 30) est appliquée sur la troisième couche (3), la première couche de structure étant mise en structure sous la forme de capteur 35 d'accélération et de chemins conducteurs (4), et dans la

troisième couche (3), on dégage par structure le capteur d'accélération (6) et les chemins conducteurs (4), puis on enlève la seconde couche (2) sous une masse (7) du capteur d'accélération (6) susceptible de se déplacer, puis on enlève la première couche de structure (14, 30).

9°) Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que des couches conductrices (24) sont appliquées sur les chemins conducteurs (4).

10 10°) Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'on applique une seconde couche de structure (16) sur la troisième couche, la seconde couche de structure étant structurée sous la forme d'une structure d'oscillation d'un capteur de vitesse de rotation, et on dégage par mise en forme la structure oscillante dans la 15 troisième, la seconde et la première couche (3, 2, 1); puis on enlève la seconde couche de structure (16) et en structurant on conduit des chemins conducteurs (4) jusqu'à un châssis d'un capteur de vitesse de rotation.

20 11°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que sur la première couche (1), on applique une couche de passivation (11, 12), on enlève la couche de passivation (11, 12) au niveau de la structure oscillante et on dégage la première couche (1) au niveau de la structure oscillante jusqu'à une épaisseur 25 préterminée.

30 12°) Procédé de fabrication d'un capteur de vitesse de rotation composé d'une première couche (1) sur laquelle est prévue une seconde couche isolante (2) qui reçoit une troisième couche (3), conductrice, caractérisé en ce qu'on applique une troisième couche de recouvrement (14) sur la troisième couche conductrice (3), la troisième couche de recouvrement (14) est structurée sous la forme d'un système oscillant (5) d'un capteur de vitesse de rotation et sous la forme d'une structure en peigne (13) d'un capteur d'accélération (6) et sous la forme de chemins conduc- 35

teurs (4), et sur la troisième couche de recouvrement (14), mise en structure, on applique une quatrième couche de recouvrement (16) structurée en forme de structure oscillante de capteur de vitesse de rotation, puis on dégage par mise 5 en structure dans la troisième couche (3) et dans la seconde couche (2), la structure oscillante, puis on enlève la quatrième couche de recouvrement (16) à partir de la troisième couche (3), on dégage par structure le capteur d'accélération (6) et les chemins conducteurs (4), et on 10 enlève la seconde couche (2) sous une masse (7) susceptible de dévier du capteur d'accélération (6) et dans la seconde couche (2) on dégage la structure des chemins conducteurs (4) et dans la troisième couche (3), on dégage la structure oscillante du capteur de vitesse de rotation, puis on enlève la troisième couche de recouvrement.

13°) Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que dans la troisième couche (3), avant l'appliquer la troisième couche de recouvrement (14), on applique la couche conductrice (24) selon la structure des chemins conducteurs (4).

14°) Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, caractérisé en ce que sur la première couche (1), on applique une couche de recouvrement, on enlève la couche de recouvrement au niveau de la structure oscillante du capteur de vitesse de rotation et on réduit la première couche (1) jusqu'à une épaisseur prédéterminée.

15°) Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisé en ce qu'on applique une couche de passivation (17) sur la première couche (1).

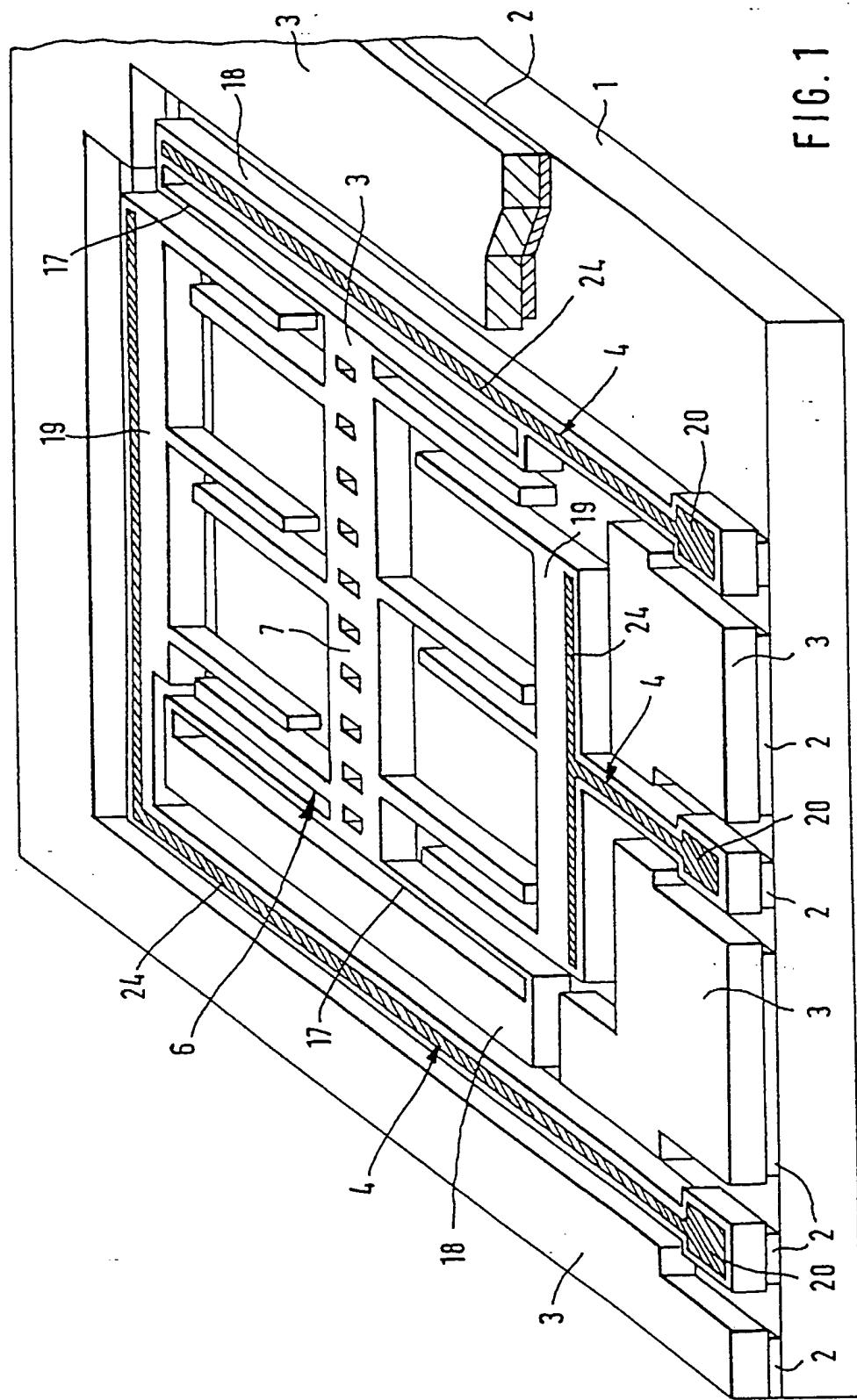
16°) Procédé de fabrication d'un capteur de vitesse de rotation composé d'une première couche de silicium (1), d'une couche isolante (2) et d'une troisième couche de silicium (3), la couche isolante (2) étant prévue entre la première couche (2) et la troisième couche (3), caractérisé 30 en ce que partant de la première couche (1), on applique la 35

couche (2) et on met en structure, et on dépose la troisième couche (3) dans un réacteur à épitaxie, puis on applique un masque de corrosion, à travers lequel on corrode les structures de la troisième couche (3) et de la première 5 couche (1) et pour la corrosion de la première couche, on utilise les structures de la seconde couche (2) comme masques de corrosion.

17°) Procédé de fabrication d'un capteur de vitesse de rotation composé d'une première couche de silicium 10 (1), d'une couche isolante (2) et d'une troisième couche de silicium (3), la couche isolante (2) étant prévue entre la première couche (1) et la troisième couche (3), caractérisé en ce que sur la surface supérieure du substrat, on applique une couche formant masque de corrosion (41), structurée, la couche (41) ayant des sillons (42), qui arrivent complètement jusqu'à la couche de silicium (3) ainsi que d'autres sillons (43) qui n'arrivent pas jusqu'à la couche 15 de silicium supérieure (3) et on corrode à travers les sillons (42) la couche de silicium supérieure et la couche de silicium inférieure (3, 1), et au cours de ce procédé de corrosion, on dégage la couche de masquage (41) de façon qu'au cours du procédé de corrosion, les autres sillons 20 (43) arrivent jusqu'à la couche de silicium supérieure (3) et en ce qu'au cours de la suite du procédé de corrosion, 25 on corrode à travers les autres sillons (43), la couche de silicium (3), supérieure.

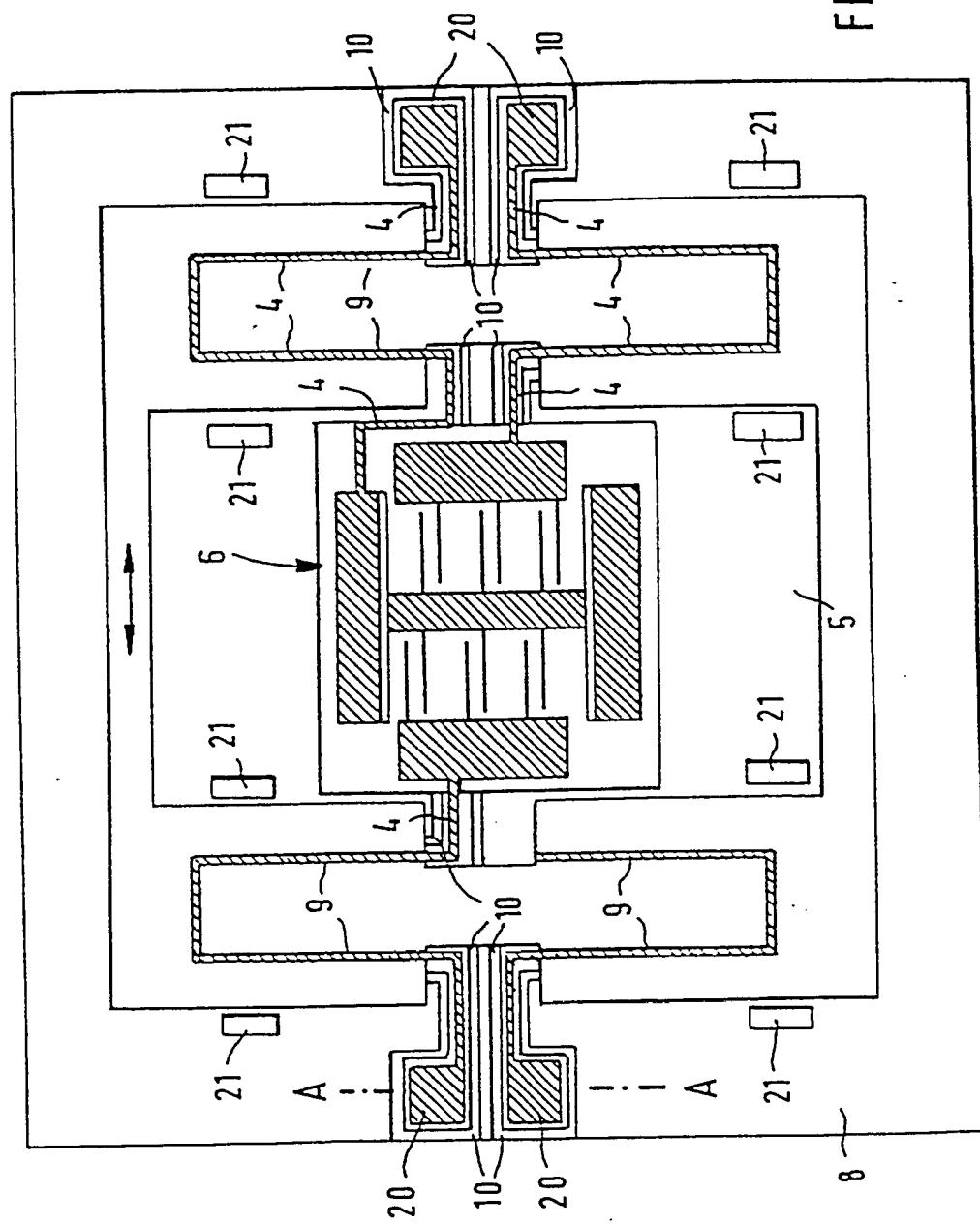
1/7

FIG. 1



2/7

FIG. 2



3/7

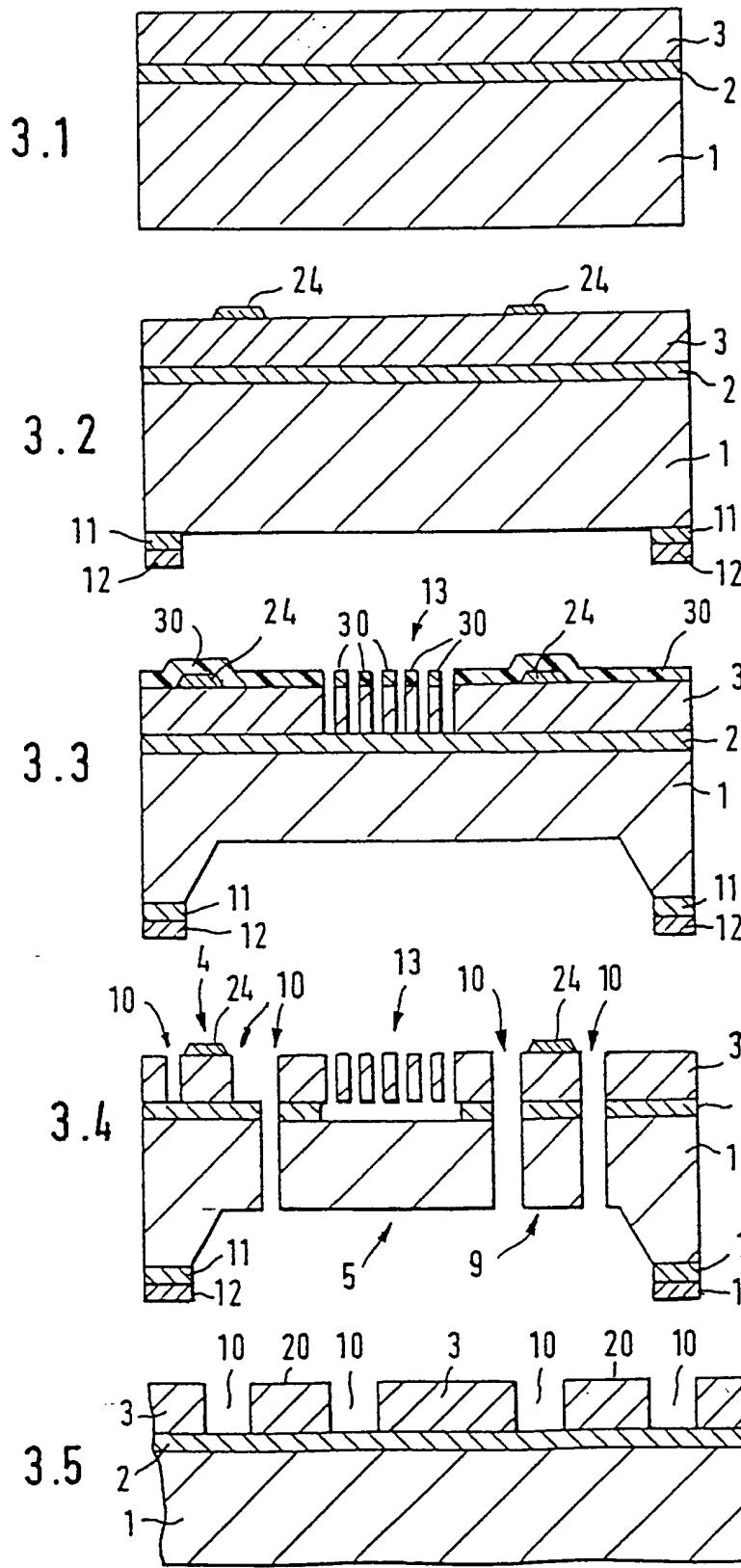
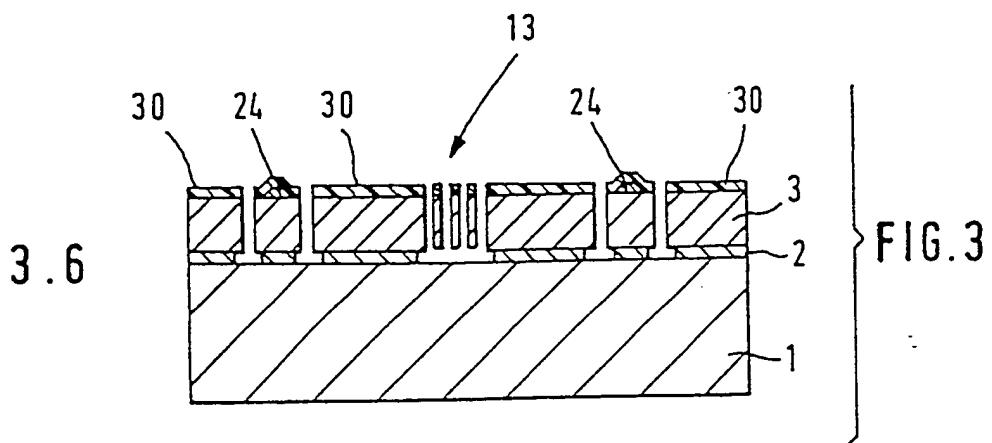


FIG. 3

4 / 7



5/7

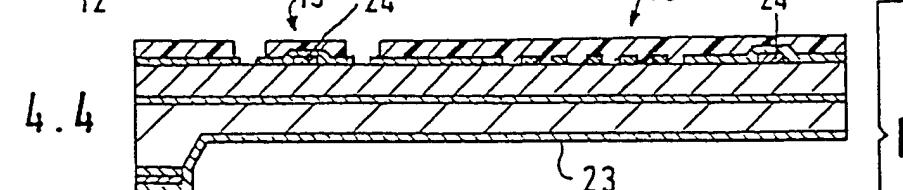
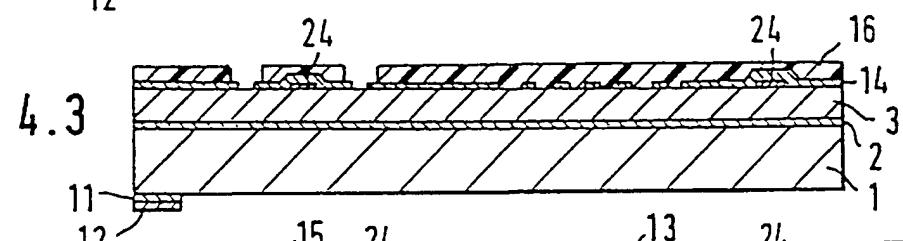
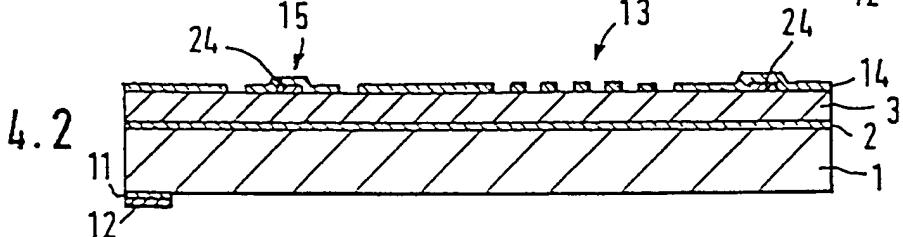
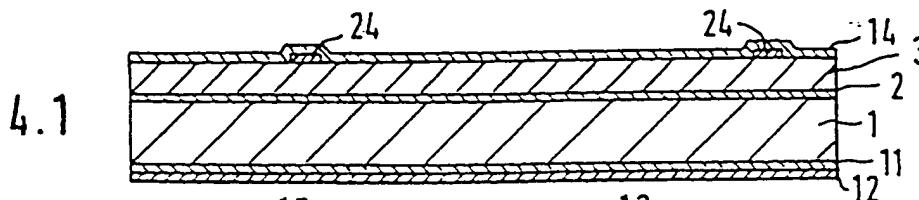
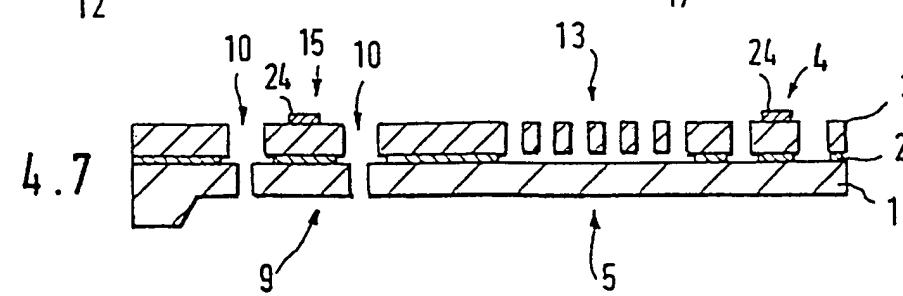
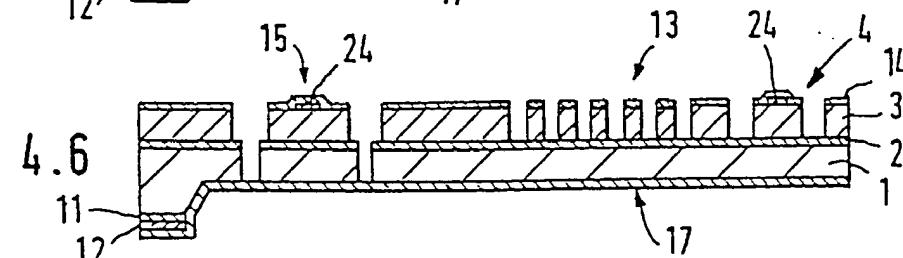
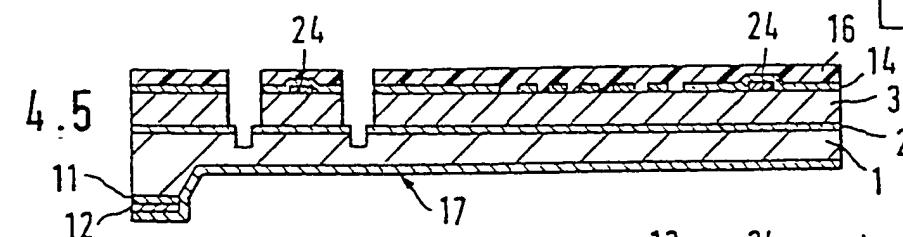
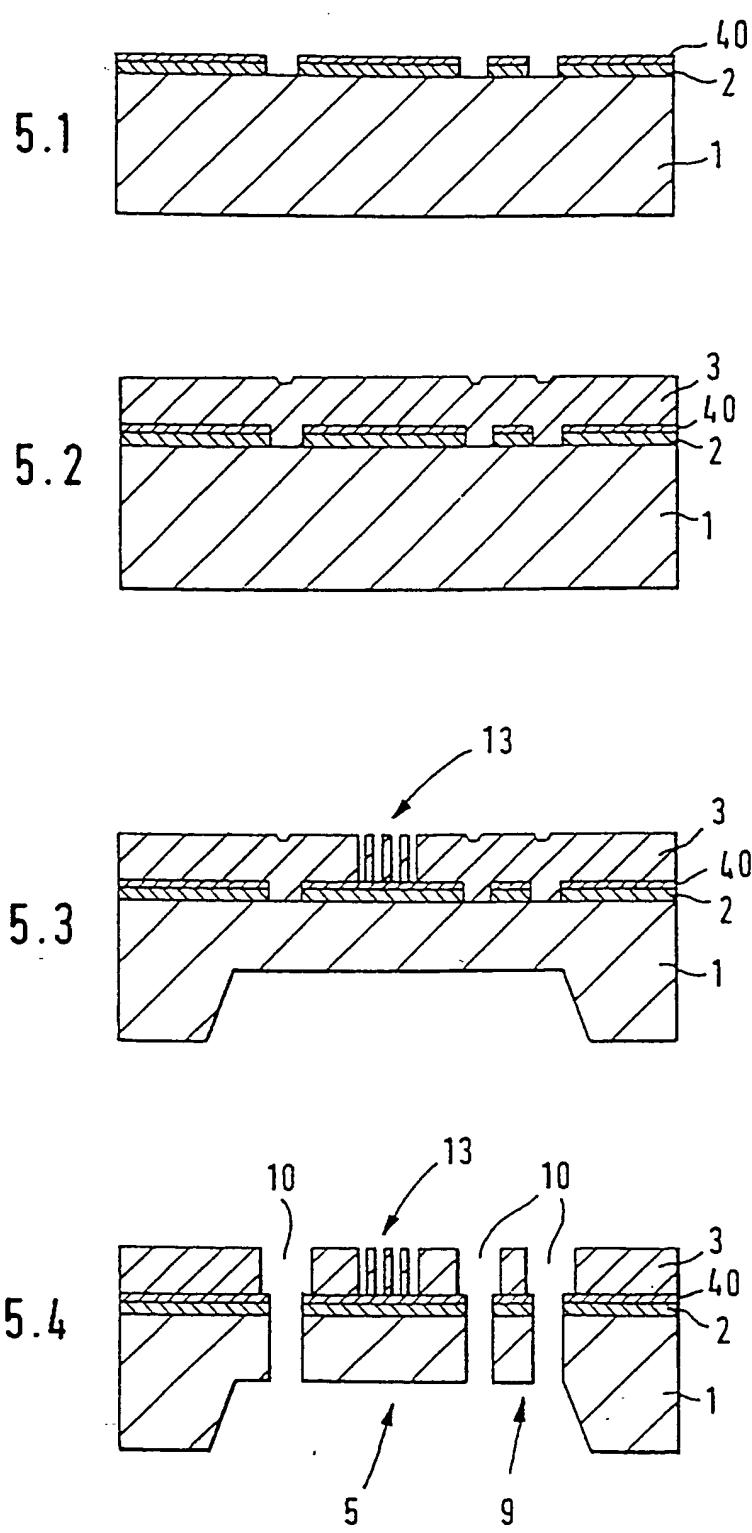


FIG. 4



6 / 7



7 / 7

